

# Produktivitätstreiber Maintenance 4.0

## Instandhaltungsmanagement für die Fabrik der Zukunft

Nils Blechschmidt und Markus März

Die Anlagenintensität nimmt zu, Maschinen und Roboter bestimmen gemeinsam mit den Menschen die industrielle Wertschöpfung. Dieser Beitrag zeigt, wie eine weiterentwickelte Instandhaltung zur technischen Basis und zum Effizienzmotor in der Industrieproduktion wird. Er beleuchtet die Handlungsfelder Predictive Maintenance, Mobile Instandhaltung und Asset Innovation.

Durch die Automatisierung und Digitalisierung von Fabriken löst der Produktionsfaktor „Kapital“, in Form von Anlagen und Maschinen, heute zunehmend den Produktionsfaktor „Arbeit“ ab. Ohne Industrieroboter kommt keine der großen Branchen mehr aus. Instandhaltung war in anlagenintensiven Herstellungsprozessen, wie zum Beispiel in der Rohstoffverarbeitung, Chemie- oder Automotive-Industrie schon immer ein strategischer Erfolgsfaktor. Im Zuge der fortschreitenden Automatisierung manueller Tätigkeiten wird die Instandhaltung auch in Branchen erfolgskritisch, in denen die Effizientreiber bisher im Wesentlichen in der schlanken Organisation der Leistungserstellung zu finden waren.

Da die Entwicklung der industriellen Fertigung immer höhere Anforderungen an die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität der Produktionsanlagen und Maschinen stellt, muss sich auch die Instandhaltung stetig verbessern. Als Maintenance 4.0 ist sie die technische Basis und zugleich Effizienzmotor für die Fabrik der Zukunft.

Wissen, was wann kaputtgehen wird

Eine nachhaltige, hocheffiziente Produktion erfordert höchstmögliche Gesamtanlageneffektivität (OEE) und damit Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Prozessstabilität. Anders ausgedrückt: Die Produktionsanlagen und Maschinen müssen verlässlich laufen. Verantwortliche wissen aus eigener Erfahrung, dass kaum etwas die Rentabilität eines Unternehmens so schnell nach unten treibt wie ein Anlagenstillstand.

So kann bei einer automatisierten und verketteten Fertigung eine einzige defekte Anlagenkomponente die gesamte Fabrik stilllegen. Die direkten Störkosten (wie Personal, Ersatzteile

und Fremddienstleister) und vor allem die Produktionsausfallkosten (wie Mindermengen, Lieferunfähigkeit und Qualitätseinbußen) schlagen unmittelbar auf das Betriebsergebnis durch.

Die Hauptursachen für diese Verfügbarkeitsverluste sind:

- Anlagenausfälle werden nicht vermieden, da Störungsrisiken nicht rechtzeitig erkannt werden.
- Fehlerursachen und PF-Kurven (Bauteil-Versagenskurven) sind nicht verfügbar.
- Wartungsintervalle für kritische Komponenten sind zu lang oder aber es wird keine Wartung durchgeführt.
- Reaktions- und Reparaturzeiten nach einer Störung sind zu lang.
- Qualität der ausgeführten Reparaturen ist unzureichend und führt zu Nacharbeit und Wiederholfehlern.

Neben ungeplanten Ausfällen mindert auch der Zeitbedarf für geplante Stillstände die Anlagenverfügbarkeit. In der Industrie häufig anzutreffende Schwachstellen sind:

- Periodische Wartung und Inspektion nach Kalenderintervallen bei stark schwankender Anlagennutzung.
- Gleiche Wartungsintervalle bei gleichen Anlagentypen, die allerdings stark unterschiedlich betrieben werden.
- Wartungsaufwand bei unkritischen Komponenten.
- Schlecht ausgeführte Wartungsmaßnahmen.

Vierter Produktionsfaktor: Anlagen- und Maschinendaten

Anlagen- und Maschinendaten werden zum vierten Produktionsfaktor neben Boden, Arbeit und Kapital. Oder noch weiter zugespitzt: Wer

In diesem Beitrag lesen Sie:

- ✓ wie die Instandhaltung zur technischen Basis und zum Effizienzmotor für die Fabrik der Zukunft wird,
- ✓ welche Bausteine schon heute maßgebend für die Profitabilität der Industrieproduktion sind und
- ✓ wie deren erfolgreiche Umsetzung gelingt.

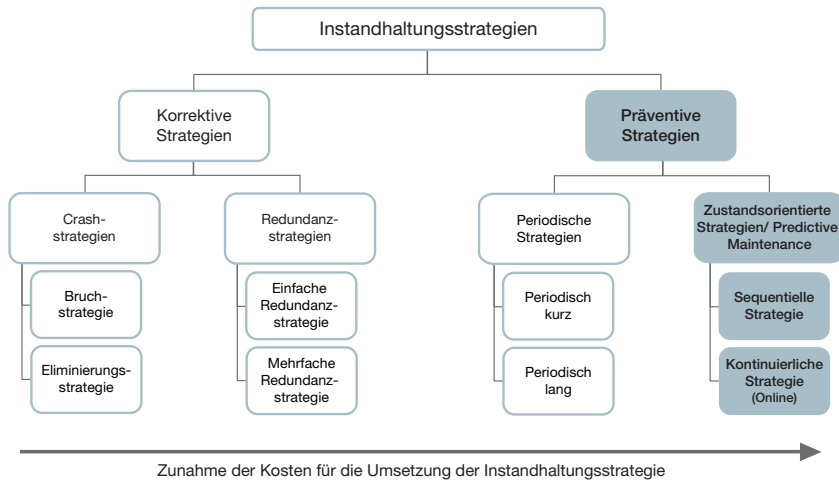


**Dipl.-Ing., MBA Nils Blechschmidt** arbeitet seit 1995 bei ConMoto und ist seit 2014 Geschäftsführender Gesellschafter. Er ist Experte für die Themenfelder wertorientierte Instandhaltung und Asset Innovation.



**Dipl.-Kfm., BSc Markus März** ist seit 2010 Director Business Development der ConMoto Consulting Group GmbH.

[www.conmoto.de/maintenance-4-0/](http://www.conmoto.de/maintenance-4-0/)



**Bild 1: Der Instandhaltungs-Strategiemix**

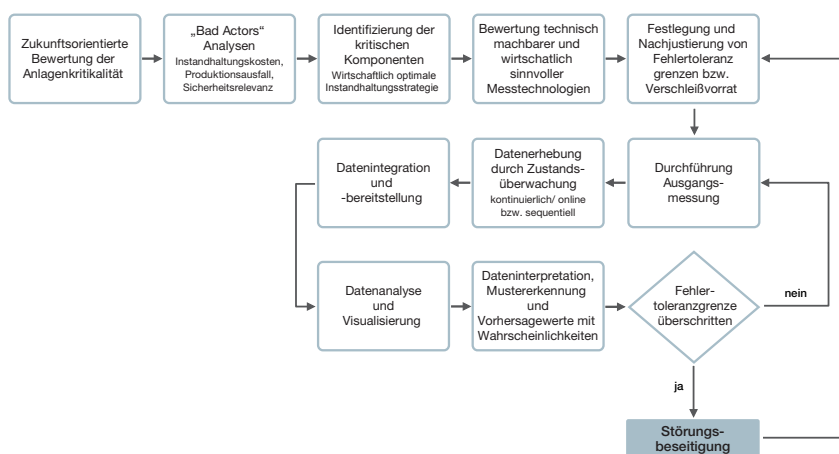
nicht versteht, dass Daten ein neuer Produktionsfaktor sind, wird zukünftig erheblich unter Druck geraten.

Predictive Maintenance ist das Konzept, um für kritische Komponenten aus aktuellen Zustandsdaten sowohl den notwendigen Instandhaltungsbedarf als auch den optimalen Ausführungszeitpunkt zu prognostizieren. Im Vordergrund steht dabei die Bestimmung des Ist-Zustands einer Komponente sowie die Vorhersage des Abnutzungsgrads beziehungsweise die zeitliche Prognose eines Bauteilversagens. Dadurch kann bestimmt werden, wann die Verschleißgrenze erreicht ist, bei der die Funktion des Bauteils nicht mehr gewährleistet ist.

### Funktionsprinzipien der Predictive Maintenance

Bild 2 zeigt die Prozessschritte, die zur Umsetzung einer erfolgreichen zustandsorientierten Instandhaltung erforderlich sind. Die richtige risiko- und verfügbarkeitsorientierte Instandhaltungsstrategie wird unter Betrachtung von Störkosten, Störhäufigkeit und Komponentenkosten festgelegt. Basierend auf Vergangen-

**Bild 2: Umsetzungsschritte für zustandsorientierte Instandhaltung**



heitsdaten und Risikoabschätzungen lassen sich systematisch die besonders kritischen Komponenten identifizieren. Für diese Bauteile oder Aggregate (hoher Wert, Engpass oder lange Störbehebung) ist Predictive Maintenance als die wirtschaftlich optimale Instandhaltungsstrategie angezeigt.

Für die Zustandsüberwachung (Condition Based Monitoring) werden typische Fehlerbilder der Anlagen beziehungsweise Komponenten bestimmt, die zu überwachenden Verschleißteile, Zustände und Parameter ausgewählt und geeignete Messmethoden, -instrumente und -peripherie festgelegt. So kann die Zustandsbestimmung z. B. durch Temperatur-, Drucküberwachung, Schwingungs- oder Ultraschallmessung erfolgen.

Neben der Bewertung des technisch Machbaren ist eine qualifizierte Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen, um die wirtschaftlich sinnvollsten Messtechnologien zu identifizieren. Wichtig ist, die Datenerhebung und -pflege so in die Instandhaltungsprozesse zu integrieren, dass die erforderliche Basisdatenqualität sichergestellt ist.

Im nächsten Schritt werden Toleranzgrenzen in Bezug auf definierte Fehlerbilder festgelegt. Dazu werden technisch relevante Eingriffsgrenzen z. B. aus Langzeitbewertungen für einen Messwert oder ein Bündel von Messwerten bestimmt. Das ermöglicht eine kontinuierliche, das heißt Online-Zustandsüberwachung von Komponenten, insbesondere bei stark schwankenden Systemen. Ein sequenzieller Instandhaltungsansatz (Offline-Monitoring) erfordert hingegen gute Kenntnisse über das Ausfallverhalten einer Komponente. Ziel ist die maximale Ausnutzung des Verschleißvorrats teurer Bauteile bei gleichzeitiger Vermeidung von deren Ausfall und der damit verbundenen Folgekosten. Ein Eingriff beziehungsweise Austausch erfolgt also erst, wenn zum Beispiel fortlaufende Inspektionen in definierten, kürzer werdenden Zeitabständen eine kritische Annäherung an den festgelegten minimalen Verschleißvorrat anzeigen.

Grundlage für eine erfolgreiche zustandsorientierte Instandhaltung ist ein vollintegriertes und konsistentes Netzwerk, das zeitnahe Daten über Zustand und Leistung einer Maschine oder Anlage liefert. Zusätzlich werden Prognosen und Simulationen durchgeführt, um zukünftige Defekte und Ausfälle vorherzusagen. Ziel ist die möglichst exakte Vorhersage zukünftiger Verläufe und Ereignisse mit ihren jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeiten. Damit können die in der Instandhaltung oftmals

brennendsten Fragen beantwortet werden: Wann wird der Zustand einer Komponente wirklich kritisch? Wie prognostiziert man zuverlässig den voraussichtlichen Ausfallzeitpunkt? Wann ist der beste Eingriffszeitpunkt zur Fehlerbehebung?

### Mobile Instandhaltung als Effizienztreiber

In der Fabrik der Zukunft ist die Mobile Instandhaltung ein wichtiger Treiber zur hocheffizienten Nutzung der Anlagen und Maschinen. Der Schlüssel für einfachere und verbesserte Abläufe im Instandhaltungs- und Asset Management: Die Mitarbeiter in Produktion und Instandhaltung nutzen Tablets, Smartphones und andere mobile Endgeräte für den elektronischen Daten- und Informationsaustausch in Echtzeit. Das ermöglicht einen effektiven Personaleinsatz, verkürzt Reaktionszeiten und eliminiert unnötige Prozessschritte.

Mobile Systeme und Technologien finden zunehmend Eingang in das Instandhaltungsmanagement. Trotzdem gibt es immer noch unnötige Wartezeiten, Prozessbrüche, ineffiziente Auftragsabwicklung und damit vermeidbare Produktionsausfälle, die sehr kostspielig sind. Richtig implementiert, verspricht Mobile Instandhaltung einen gravierenden Effizienzgewinn. Sie trägt dazu bei, alle acht Arten der Verschwendung im Instandhaltungs- und Asset Management systematisch zu vermeiden (Bild 3) und hat folgende positiven Auswirkungen:

- Der Anteil der wertschöpfenden Tätigkeiten an der Gesamtarbeitszeit jedes Mitarbeiters steigt.
- Schnittstellenverluste werden vermieden.
- Die Datenqualität wird besser.
- Die Prozesskontinuität erhöht sich.
- Direkte und indirekte Kosteneinsparungen beim Betrieb der Anlagen und Maschinen sind das Ergebnis.

### Den Anlagenlebenszyklus im Blick

Ein umfassendes Asset Management weist den Weg, die vorhandenen Anlagen- und Maschinenkapazitäten bestmöglich auszureizen und gleichzeitig die Gesamtkosten zu minimieren. Beginnt das Anlagenmanagement bereits mit der innovativen Anlagenplanung, sprechen wir von Asset Innovation beziehungsweise Life Cycle Costing. Im Wesentlichen geht es um die systematische Ausrichtung von neuen Anlagen und Maschinen an deren wertoptimalen Kernfunktionalitäten und gesamthaften Lebenszykluskosten.



Dabei steht nicht mehr nur das initiale Investment, das heißt die Anschaffungskosten im Fokus der Entscheider, sondern zusätzlich die Instandhaltungskosten, Betriebskosten und Produktionsausfallkosten über den gesamten Anlagenlebenszyklus hinweg. Darüber hinaus sind auch die Entsorgungskosten zu berücksichtigen. Kosten für Wartung, Inspektion und Instandsetzung, Produktionsausfallkosten sowie Betriebskosten summieren sich während der Nutzung in der Regel zu einem Vielfachen der initialen Anschaffungskosten. Diese Gesamtkosten, auch Lebenszykluskosten genannt, können in Abhängigkeit von der Anlagenlebensdauer bis zum Fünffachen der ursprünglichen Anschaffungskosten betragen.

Eine frühzeitige Einbeziehung sämtlicher Aspekte, die ein innovatives und wertorientiertes Asset Management beinhaltet, senkt die Gesamtkosten von Anlagen über ihren Lebenszyklus hinweg beträchtlich um 15 bis 30 Prozent. Dies entspricht bei einer langjährigen Anlagennutzungsdauer dem 1- bis 2-fachen der initialen Anschaffungskosten. Gerade bei kapitalintensiven, langlebigen Produktionsanlagen und Maschinen sind eine integrierte Planung und ein stringentes Projektmanagement unabdingbar, um das wirtschaftliche Optimum der Investition zu erzielen. Zentraler Fokus ist dabei die nachhaltige Steigerung der Rentabilität (RONA). Der Return on Net Assets zeigt an, wie effizient und profitabel ein Unternehmen mit seinem eingesetzten Anlagen- und Maschinenkapital umgeht.

### Schlüsselwörter

Instandhaltung, Maintenance 4.0, Predictive Maintenance, Mobile Instandhaltung, Asset Innovation, Life Cycle Costing, Industrie, Produktion, Anlagen und Maschinen, Automatisierung, Digitalisierung

**Bild 3: Die acht Arten der Verschwendung im Instandhaltungs- und Asset Management**

### How Maintenance 4.0 Increases Productivity

Maintenance Management for the Factory of the Future Plant and equipment utilization is increasing. The cooperation of machines and robots with humans is determining the added value of industrial production. This article shows, how the evolution of maintenance provides the technical foundation of industrial production, serving as a driver of efficiency. Three major fields of action are examined: Predictive Maintenance, Mobile Maintenance and Asset Innovation.

### Keywords

Maintenance, Maintenance 4.0, Predictive Maintenance, Mobile Maintenance, Asset Innovation, Life Cycle Costing, Industry, Production, Plants and Machines, Automation, Digitization